

LES DIAGRAMMES THERMODYNAMIQUES DU CORPS PUR.

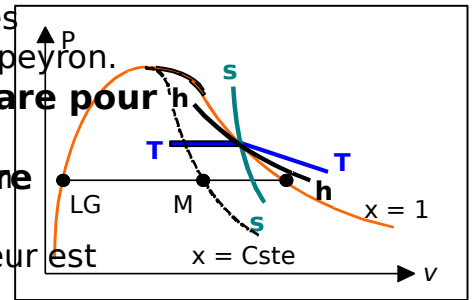
I : Le diagramme de Clapeyron (ou diagramme P-v).

La figure ci-contre rappelle les allures des principales transformations du corps pur en coordonnées de Clapeyron.

On notera qu'une **isotherme est aussi une isobare pour un mélange biphasé** (liquide - vapeur).

La pente d'une **isentropique** est toujours supérieure (en valeur absolue) à celle d'une **isotherme**.
Le taux de vapeur saturant le mélange liquide-vapeur est

donné par la règle des moments chimiques : $x = \frac{LM}{LG}$.



II : Le diagramme entropique (ou diagramme T-S).

1°) Allure générale:

isotherme: droites horizontales (la nature du fluide).

isentropique: droites verticales (la nature du fluide).

isobare :

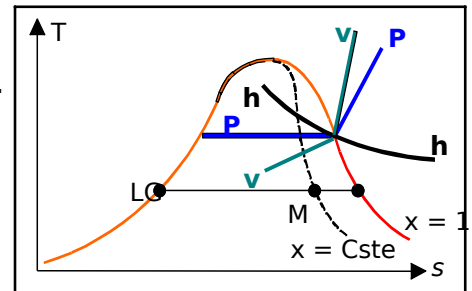
- cas d'un fluide homogène à constante:

On obtient des arcs d'exponentielles

- cas d'un mélange biphasé: les isobares sont aussi des isothermes représentées par des droites horizontales

- cas du gaz parfait.

Les isobares se déduisent les unes des autres par des translations // à l'axe des abscisses



isochore:

- cas du fluide homogène à constante: on obtient des arcs d'exponentielles dont la pente de l'isochore est supérieure à celle de l'isobare passant par le point considéré.

Courbes isotitres.

Soit un mélange liquide - vapeur représenté par le point M, à la température T, de titre

peur x . Dans le diagramme entropique, on a (comme dans le diagramme (P,v)):

La construction des lignes isotitres est alors évidente:

1. on trace la courbe de saturation (rosée + ébullition).
2. Pour différentes températures, on trace les différents paliers LG
3. x_v étant donné, on cherche la position du point M sur [L,G] divisant LG dans un rapport donné.

2°) Calculs de chaleurs échangées.

Chaleur reçue lors d'un processus M₁ → M

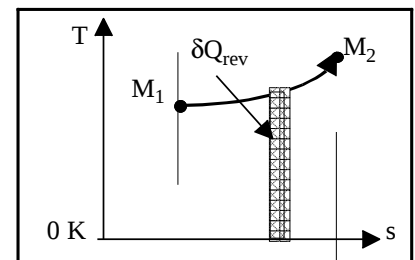
Pour une transformation élémentaire réversible:

$$\delta Q_{rev} = TdS = \text{aire de la partie hachurée.}$$

Pour la transformation finie M₁ → M₂ :

$$|Q_{1 \rightarrow 2}| = \text{Aire sous la courbe.}$$

$$Q > 0 \text{ si } \uparrow \text{ et } Q < 0 \text{ si } \downarrow$$



Cas d'un cycle.

$$Q_{cycle} = \begin{cases} + \text{aire du cycle si le cycle est décrit dans le sens horaire} \\ - \text{aire du cycle si il est décrit dans le sens trigonométrique} \end{cases}$$

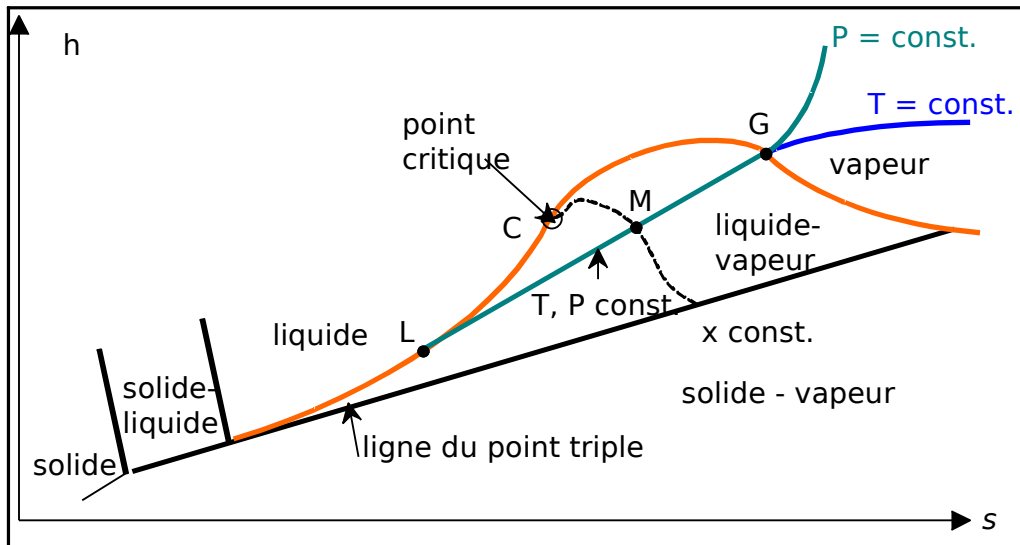
Résultat important:

Pour tout système fermé fonctionnant par cycles:
Aire du cycle dans le diagramme (P,v) = Aire du cycle dans le diagramme (T,s).

III : Le diagramme enthalpie-entropie (ou diagramme de Mollier).

C'est au savant allemand MOLLIER qu'on doit la construction (vers 1904) de ce type de diagramme H-S biphasé pour l'eau.

L'origine du diagramme de Mollier ($s = 0$ et $h = 0$) pour l'eau a été fixée arbitrairement pour l'eau liquide à la température du point triple ($0,01^\circ\text{C}$).
Les isobares ont toujours une pente positive dans le diagramme H-S, égale à T.



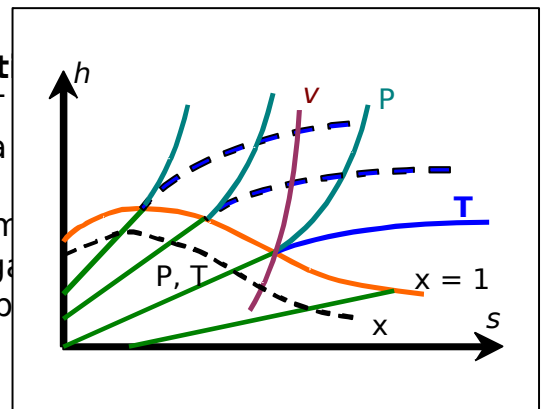
Dans le domaine biphasé, les isobares sont des segments de droites, de pente égale à T.

Cas du gaz parfait, à constante.

Le diagramme H-S s'identifie au diagramme T-S à un changement de l'échelle des ordonnées près ($dh = T ds$).

A noter:

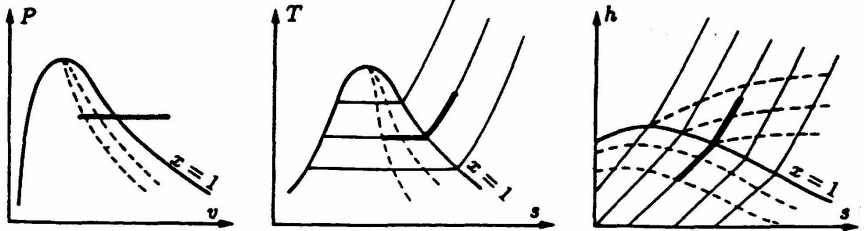
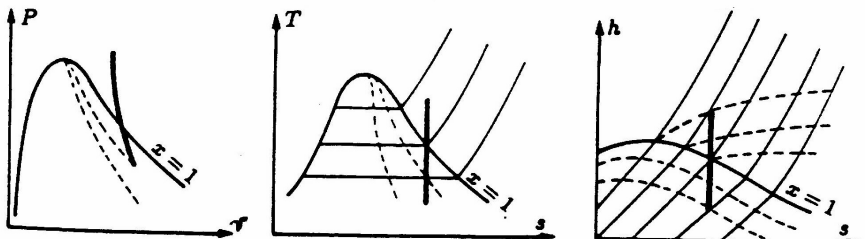
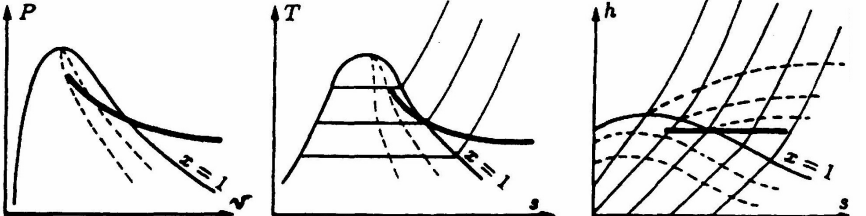
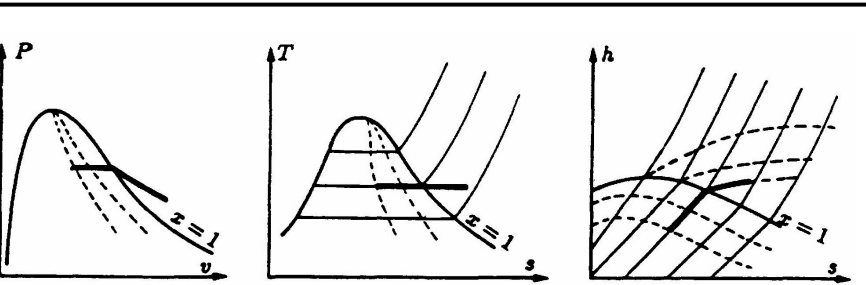
- La **position peu habituelle du point critique** (l'isobare critique a une pente positive égale à T).
- Les isothermes présentent un **point anguleux** à la traversée de la courbe de saturation.
- Loin de la courbe de saturation, les isothermes tendent vers des **droites horizontales** (normal, le gaz tend vers le gaz parfait, pour lequel H est proportionnel à T).

• **Courbes isotitres.**

Le taux de vapeur d'un mélange biphasé est donné également dans le diagramme h-s

$$x_v = \frac{LM}{LG} \quad (\text{où } LG \text{ est la longueur du palier de changement d'état}).$$

IV : Allure des principales évolutions dans les différents diagramme

<p>^{3/4} Isobare : Pour toute machine apportant ou retirant de la chaleur au fluide, sans frottement, sans apport de travail. <i>En cas de frottements, il y a toujours de la pression</i></p>	 <p><i>Exemples</i> chaudière, surchauffeur, condenseur, ...</p>
<p>^{3/4} Isentropique : Pour toute machine apportant ou retirant du travail sans frottement et sans échange de chaleur. <i>En cas de frottements, il y a toujours de l'entropie.</i></p>	 <p><i>Exemples</i> pompe, turbine, tuyère, compresseur ..</p>
<p>^{3/4} Isenthalpique : Évolution avec frottement sans travail ni chaleur apportée.</p>	 <p><i>Exemples</i> détente Joule - Thomson, vannes de détente, ...</p>
<p>^{3/4} Isotherme : Évolution rarement rencontrée en pratique, sauf pour les isobares dans les régions biphasées sol - liq ou liq - vap. Utilisées dans des cycles théoriques (Carnot, Stirling, ...)</p>	
<p>^{3/4} Isochore : Évolution rencontrée lors de phénomènes très rapides (explosions) ou lors des transformations en vase clos (à cuiseur).</p>	